

RETARDS DE MATURATION

□ Intérêt de l'examen ultrasonique dans le retard de maturation des fistules natives pour hémodialyse

Gilbert FRANCO

Clinique Arago, 95 bd Arago, 75014 Paris - ac.raynaud@wanadoo.fr

Définition

La définition du retard de maturation d'une fistule artérioveineuse (FAV) est en fait assez floue et la littérature énonce qu'une FAV connaît un retard de maturation quand elle n'est pas utilisable pour l'hémodialyse au bout du temps espéré. En pratique la FAV peut être mature quand la veine superficielle artérialisée est suffisamment développée pour être ponctionnée sans risque c'est-à-dire d'un calibre de 4 à 6 mm et que son débit permet une épuration correcte, c'est à dire au moins 300 ml/mn (1).

La majorité des FAV remplissent ces critères au bout de 4 à 5 semaines en dehors des FAV cubitales (2) souvent plus longues à se développer. On parlera de défaut de maturation après un délai de 3 mois car certaines FAV réalisées sur des terrains particuliers, sujets âgés athéroscléreux, diabétiques, vaisseaux grêles pourront être plus lentes à se développer. Les problèmes rencontrés seront différents en fonction du site d'implantation. Schématiquement trois versants sont explorés en écho Doppler. Le versant artériel et le versant veineux sont les plus anciennement explorés, mais l'étude des parties molles complète systématiquement maintenant le bilan apportant des renseignements originaux, non fournis par la fistulographie et permettant de comprendre des retards de maturation inexpliqués par l'opacification vasculaire de la FAV. On parlera de défaut de maturation après un délai de 3 mois car certaines FAV.

Position du problème

La FAV réalise une communication directe entre un système artériel à haute pression et un système veineux à basse pression ayant des conséquences vasculaires locorégionales et à distance. Dilatation, allongement, retentissement cardiaque et remaniements pariétaux sont la conséquence de l'augmentation du débit.

La maturation adéquate d'une FAV nécessite un axe artériel donneur et une veine de retour libre de lésions. Le bilan préopératoire clinique ultrasonographique et angiographique est à même d'améliorer le taux de réussite des abords vasculaires (3). Le problème des pontages prothétiques n'entre pas dans le cadre de ce propos.

Le calibre initial des vaisseaux est un facteur important dans la mesure où la loi de Poiseuille nous indique que la résistance à l'écoulement est inversement proportionnelle à la puissance quatrième du rayon. L'état pariétal déterminant la compliance des vaisseaux est un autre facteur à prendre en compte. Dans les deux semaines suivant la création de la FAV en dehors de celles se thrombosant précocement, le calibre des vaisseaux augmente et la dilatation continue de progresser jusqu'à la douzième semaine. La veine atteindra 5 à 6 mm (4) pour une fistule radiale faite au

poignet chez les sujets dont l'abord sera utilisable. Le calibre de l'artère radiale et de la veine radiale inférieur à 1,6 mm en pré-opératoire chez l'adulte au stade d'insuffisance rénale terminale est un critère prédictif d'échec (5,6).

Méthodes d'examen

L'examen US de la FAV comprend plusieurs temps, une analyse hémodynamique et une analyse morphologique (7). L'examen de débrouillage se fait habituellement au doppler continu de 4 à 10 Mhz, mais l'absence de résolution spatiale de celui-ci nécessite de disposer d'un écho-Doppler pulsé et couleur pour investiguer l'ensemble des problèmes. Le recours au doppler continu avec analyse spectrale est cependant fréquent secondairement pour mesurer la vitesse d'une zone sténosée car les appareils de doppler pulsé, limités par une possibilité de PRF (fréquences de répétition des impulsions) trop basses n'ont pas toujours la faculté de mesurer les très hautes vitesses atteignant souvent 6 à 7 m/s régnant dans les sténoses d'un abord vasculaire. Les fréquences des sondes d'imagerie vont de 10 à 16 Mhz pour l'étude des vaisseaux les plus superficiels et de 3 à 7 Mhz pour les vaisseaux les plus profonds. Les sondes à très hautes fréquences offrent des résolutions d'image égales ou supérieures à l'angiographie. L'imagerie de flux par doppler couleur et énergie permet de repérer très rapidement les zones où l'hémodynamique est perturbée par rapport à l'amont et l'aval (pourvu que les réglages de PRF soient correctement ajustés) permettant son investigation en analyse spectrale avec recueil des vitesses *in situ*, en amont et en aval (8). Des rapports de vitesses sont ainsi calculés, permettant de quantifier une sténose en accord avec l'équation de continuité : $S_1 \cdot V_1 = S_2 \cdot V_2$. Le *tableau 1* et la figure 1 donnent le pourcentage théorique de sténoses calculées par cette méthode ainsi que les gradients théoriques issus de l'application de l'équation de Bernoulli simplifiée. Rappelons que les rapports de vitesses issus de l'équation de continuité donnent les rapports de surface qui sont au plan intellectuel beaucoup plus satisfaisants pour quantifier une sténose que le rapport de diamètre obtenu en angiographie. Un coefficient de correction est à appliquer pour donner l'équivalent en réduction de diamètre. En pratique on peut se contenter d'un rapport des vitesses maxima supérieur à 3 et de la suspicion de sténose lorsque la vitesse dans la zone anastomotique est supérieure à 3 m/s Ce dernier paramètre doit être confronté avec le paramètre débit. En effet, un débit élevé (ce qui n'est pas le cas dans le cadre des retards vrais de maturation) génère des vitesses élevées et toute singularité anatomique prise au sens où l'entendent les mécaniciens des fluides entraîne une sténose fonctionnelle.

TABLEAU 1. -Relation vitesse, gradient de pression et pourcentage de sténose.

| Vitesse max. (M/s) | Gradient de pression (mande Hg) | V2/V1 | % de sténose $(1-V1/V2)*100$ |
|--------------------|---------------------------------|-------|------------------------------|
| 1 | 4 | 1 | 0 |
| 2 | 16 | 2 | 50 % |
| 3 | 36 | 3 | 67 % |
| 4 | 64 | 4 | 76 % |
| 5 | 100 | 5 | 80 % |
| 6 | 144 | 6 | 84 % |

Relation pression/vitesse/% de sténose



FIG. 1. - *Equation de Bernouilli simplifiée.*

La quantification en doppler énergie par mesure des surfaces et des diamètres des coupes transversales et longitudinales de la zone sténosée est souvent possible. Les limites à ce type de quantification précise sont induites par la trop forte dispersion d'énergie dans la paroi aux sites de sténose très serrée, entraînant une image trop artefactée par effet de blooming. Cette limite existe également en doppler couleur dont la résolution est inférieure à celle du doppler énergie.

Protocole d'examen

Le patient est examiné en décubitus dorsal ou en position demi-assise dévêtu au moins jusqu'à la racine du membre pour permettre un bilan exhaustif dans une pièce dont la température ambiante est suffisante pour ne pas générer de vasoconstriction périphérique. L'usage du garrot est utile lors de l'examen précoce des FAV pour augmenter la réplétion veineuse et lutter contre l'écrasement de la veine sous la sonde, permettant une mesure exacte du diamètre (9).

Les différents temps d'examen peuvent se décomposer comme suit mais leur enchaînement est à adapter en fonction des renseignements cliniques et opératoires.

La perméabilité de la FAV est vérifiée au doppler continu avec balayage de la zone anastomotique à la recherche de signe de sténose et mesure de la vitesse maximum.

Un balayage en mode B du système artériel à la recherche d'une variété anatomique de type bifurcation haute de l'artère humérale méconnue est effectué. Ce diagnostic peut être suspecté au doppler continu uniquement sur les FAV au coude devant l'existence d'un flux continu systolo-diastolique sur les artères de l'avant-bras. Ce diagnostic est important car il conditionne le site de calcul du débit qui devra dans ce cas être impérativement fait sur l'artère axillaire. D'autre part, en cas d'hypodébit, une recherche soigneuse de sténose ostiale de l'artère radiale de naissance haute devra être effectuée. Cette circonstance n'est pas exceptionnelle et parfois le diagnostic n'est fait secondairement qu'après avoir, lors du balayage de l'avant-bras, mis en évidence une anastomose inhabituelle très développée entre le tronc cubito-interosseux et l'artère radiale invitant à rechercher une sténose d'amont ayant entraîné ce développement de suppléance.

L'analyse morphologique, toujours en mode B, permet de suivre depuis l'anastomose la veine artérialisée et d'en noter les anomalies morphologiques éventuelles, le diamètre, le type de drainage profond et ses particularités et d'étudier l'épaisseur des parties molles péri-veineuses et leur écho-structure.

Calcul du débit

Il est réalisé sur l'artère humérale ou l'artère axillaire et c'est un temps capital du bilan de maturation d'une FAV. Le résultat est le fruit de nombreuses mesures moyennées, trois au minimum cohérentes, en se méfiant des nombreux pièges dus aux erreurs de calcul du diamètre, au mauvais positionnement du volume d'échantillonnage et aux erreurs de correction d'angle d'incidence

notamment. Les résultats sont exprimés en ml/mm, et l'on parlera d'un hypodébit si celui-ci est inférieur à 300 ml/mm (10, 11).

Résultat

Pseudo retard de maturation

Lorsque le développement est apparemment cliniquement insuffisant, veine artérialisée peu visible et palpable, thrill semblant anormal, le bilan permet de faire la différence entre un retard vrai et un pseudo-retard. Ceci s'observe préférentiellement chez l'enfant et l'obèse, pour les FAV au poignet mais également pour les FAV au coude (fig. 2 et 3). La veine basilique est une veine profonde proche de l'artère humérale parfois difficile à examiner cliniquement, notamment lorsque la racine utilisée pour l'anastomose était très grêle. La veine céphalique est en principe superficielle mais peut pénétrer très bas sous le fascia, devenant de ce fait peu palpable. Dans ce cas le débit normal et la veine correctement dilatée suivant la mesure échographique répondent aux critères des FAV matures mais insuffisamment perçues. L'échographie du trajet vasculaire s'assure de l'absence d'anomalie et montre habituellement une épaisseur des parties molles trop importante pour permettre une palpation aisée mais également une échostructure souvent remaniée avec des signes de liposclérose, des lobules adipeux hyperéchogènes ou une gaine vasculaire plaquant la veine sur le plan profond aponévrotique, lui interdisant de « monter » en superficie et même limitant sa dilatation, compte tenu du débit constaté. La veine peut également apparaître contenue dans un feuillet aponévrotique dédoublé, avec un aspect échographique identique à celui de la veine grande saphène à la cuisse, aspect habituellement non décrit dans les livres d'anatomie. Le tissu adipeux sous-cutané possède une texture d'une importance capitale avec des lamelles conjonctivales générant des différences de résistance et d'élasticité d'une grande importance. Les lamelles conjonctivales entrelacées forment une lame continue distincte du fascia, décrite au membre inférieur sous le nom de couche membraneuse du tissu sous-cutané. Cet aspect dont l'échographie montre bien l'existence également aux membres supérieurs et notamment à l'avant-bras divisant l'hypoderme en une couche adipeuse superficielle et une couche profonde contenant une partie du réseau veineux superficiel n'a pas encore été suffisamment étudié. Ces contraintes extrinsèques veineuses sont à elles seules susceptibles de retarder la perception et/ou la dilatation d'une veine artérialisée, alors que le débit serait adéquat à une épuration. Dans ces cas de figure la superficialisation est la solution de choix, et nombre d'abord qui auraient été abandonnés sont sauvés de cette manière, grâce à cette exploration et aux critères simples que l'on en déduit.

Retard de maturation

Thrombose

En cas de thrombose précoce d'un abord dont le diagnostic est essentiellement clinique, l'écho-Doppler apporte des arguments concernant la possibilité de désobstruction chirurgicale ou radiologique. Il précise l'étendue des lésions artérielles ou veineuses, permettant souvent de choisir entre une réfection plus haute de l'anastomose (lorsque l'artère et la veine sont correctes en dehors de la zone anastomotique thrombosée ou le changement pur et simple de site. Parfois, mais il faut le souligner exceptionnellement, on constate l'existence d'une pré-occlusion et non d'une thrombose complète dont les causes sont celles qui seront développées plus bas et dont la thérapeutique est identique. Il existe des cas exceptionnels où la préocclusion précoce est la conséquence d'une

compression extrinsèque postopératoire de type hématome ou lymphocèle, dont le diagnostic est cliniquement évident à l'avant-bras mais plus difficile au bras et dont l'écho-Doppler fait aisément la preuve.

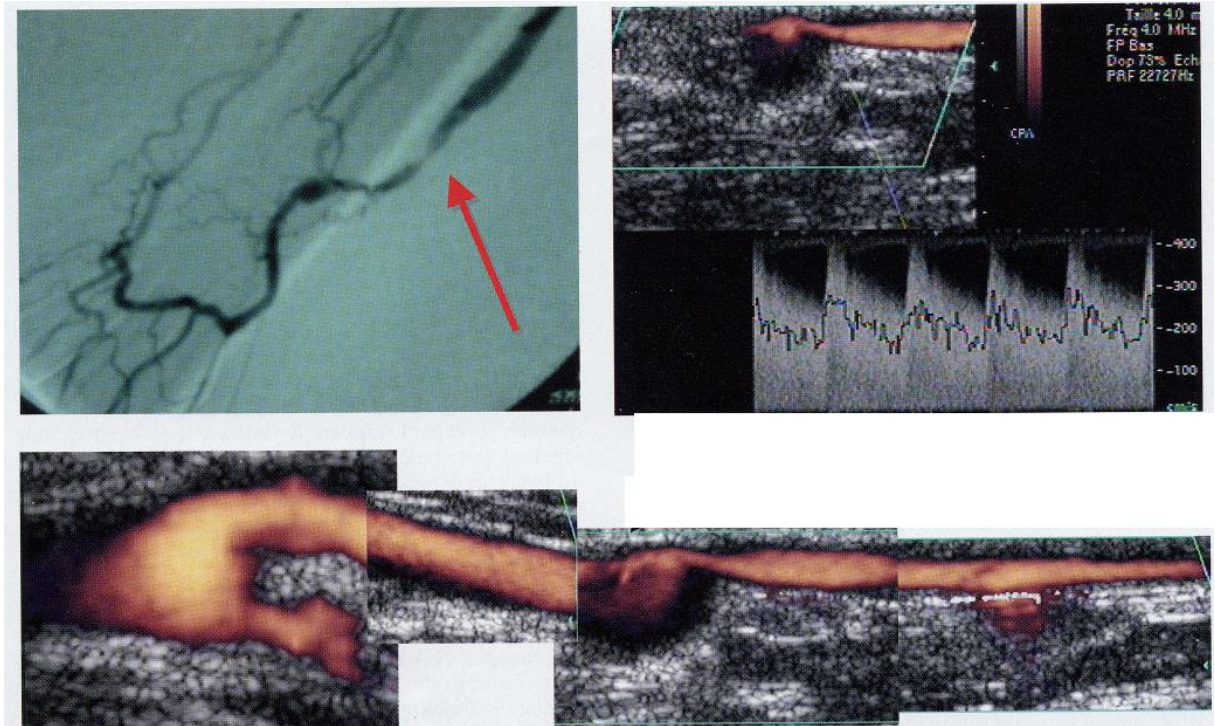


Fig. 2. FAV radiale au poignet. Sténose serrée veineuse intermédiaire

Sténose anastomotique et juxta-anastomotique artérielle

Différents types existent, dont l'analyse la plus fine possible est importante car influençant la sanction thérapeutique, réfection de l'anastomose ou angioplastie, sujet encore débattu entre chirurgiens et radiologues interventionnels (12, 13). L'opacification vasculaire est souvent difficile à interpréter en raison des superpositions ou en cas de sténose en gicleur et une imagerie par écho-Doppler est très contributive, permettant de mieux analyser le ou les versants anastomotiques (s) pathologique (s).

En cas de retard de maturation avec hypodébit franc, le premier signe morphologique rencontré lors de l'exploration en mode B est l'absence de dilatation de l'artère donneuse ou sa dilatation inégale. Le doppler couleur prend ici toute son importance pour localiser exactement le site sténotique grâce à l'analyse de variance. Ensuite les mesures des vitesses sténotiques ainsi que pré et post-sténotiques en analyse spectrale sont réalisées au doppler. Une première quantification de la sténose par le rapport des vitesses est réalisée. Le doppler énergie permet une quantification du diamètre résiduel, avec toutefois des limites lorsque la sténose est hyper-serrée en raison du blooming dû à la trop grande dispersion d'énergie dans la sténose.



Fig. 3 – FAV radiale au poignet. Sténose serrée du versant veineux de l'anastomose. Diamètre résiduel : 1,6 mm.

La sténose anastomotique vraie *stricto sensu* intéressant uniquement l'anastomose, souvent sur une anastomose insuffisamment spatulée ou sur faute technique est rare surtout depuis l'utilisation du microscope et de ce fait notre expérience à ce niveau est limitée.

La sténose peut siéger au talon de l'anastomose sur le versant artériel. Le type de lésion, fibreuse peu échogène, calcifiée hyper-échogène, voire dissection sur clamp, ou compression extrinsèque de même que l'étendue de la lésion sera précisée. Cette éventualité représente moins de 10 % des cas.

Elle peut également siéger en amont immédiat de l'anastomose habituellement due à des lésions préexistantes sous-estimées, fibro-calcaires le plus souvent, fréquentes chez le diabétique.

Dans ces cas de figure, il est très utile d'explorer soigneusement les autres axes de l'avant-bras s'il s'agit d'une fistule au poignet et surtout l'artère cubitale, celle-ci pouvant être l'artère dominante capable de suppléer à terme ces lésions et d'obtenir une maturation correcte mais beaucoup plus lente.

Dans l'optique d'une réfection chirurgicale de l'anastomose, l'état de l'artère sus-jacente sera étudié afin de trouver la zone la plus adéquate à la nouvelle anastomose.

Sténose anastomotique et juxta-anastomotique veineuse

La sténose peut intéresser le seul versant veineux juxta-anastomotique immédiatement après la spatule anastomotique par un processus de fibrose intimale, valvulaire ou de thrombus s'étant organisé. La sténose peut siéger précocement au-delà, au niveau du déroutage, environ deux centimètres après l'anastomose responsable (14, 15), si elle est très serrée, d'un retard de maturation mais pas toujours d'un hypodébit sévère en raison du développement d'un réseau de collatérales volant le territoire. Il faut toutefois signaler que cette localisation sténotique à 3 mois est quasi constante, ayant probablement un rôle protecteur ultérieur contre l'hyperdébit (16, 17). La qualité du réseau veineux post-sténotique conditionne les possibilités de réfection plus haute de l'anastomose et son étude est menée essentiellement en échographie mode B sous garrot. Le garrot placé sous le coude dans ce contexte permet la réplétion veineuse maxima mais freine l'hémodynamique. Déplacé plus haut au-dessus de la perforante brachiale, il permet alors une étude du rôle hémodynamique des éventuelles anomalies pariétales. Le remplissage veineux obtenu alors est excellent et permet de dépister facilement les anomalies pariétales d'aval si elles existent, zone de fibrose se traduisant par des signes d'hyper-échogénicité pariétale localisée, synéchie valvulaire avec aspect de cloison fibreuse barrant la lumière veineuse et générant en doppler couleur des turbulences. Ces anomalies peuvent conduire à des gestes de dilatation per-opératoire ou secondairement.

Sténose artérielle à distance de l'anastomose

Le contexte clinique, diabétique, poly-vasculaire connu, le passé de dialyse sont des éléments d'orientation. Il peut s'agir de lésions diffuses des axes de l'avant-bras et le bilan doit s'efforcer de déterminer s'il existe un site en amont utilisable ou si la surcharge pariétale est trop importante. Les renseignements fournis par l'analyse de paroi en échographie sont souvent plus péjoratifs que ceux fournis par l'angiographie. Les calcifications en mottes peuvent gêner la quantification morphologique exacte des lésions par l'ombre acoustique générée, mais le doppler permet une quantification par le rapport des vitesses. Les sténoses sont repérées en doppler couleur par l'analyse de variance lors du balayage longitudinal de l'artère et par l'analyse morphologique en mode B. Habituellement l'artère s'est dilatée jusqu'au site de la sténose puis deux cas de figure schématiques se rencontrent, soit l'artère en aval de cette dilatation apparaît moniliforme jusqu'à l'anastomose, soit elle reprend au-delà de la zone sténosée un calibre normal. C'est dans ce dernier cas que l'angioplastie se révèle la plus satisfaisante. Ailleurs les lésions sont plus proximales sur l'artère humérale ou l'artère sous-clavière. Il faut également penser à éliminer les lésions secondaires à des gestes chirurgicaux ou radiologiques préalables telles des dissections.

Particularités liées au site d'implantation

Les FAV sont préférentiellement réalisées au poignet sur l'artère radiale. La naissance haute de l'artère radiale, surtout chez le sujet âgé, peut conduire à une maturation plus lente surtout lorsqu'elle est grêle car la résistance est plus grande et la compliance diminuée, mais également en raison d'une sténose ostiale méconnue ou évolutive. La visualisation d'une collatéralité peut être le premier signe d'orientation. Les FAV au coude reconnaissent comme cause de retard de maturation essentiellement des problèmes veineux, néanmoins lorsque l'anastomose siège au coude sur une artère radiale en cas de bifurcation haute de l'artère humérale on se retrouve dans le même cas de figure que précédemment décrit. Habituellement le calibre d'une artère humérale, même de paroi pathologique, offre des possibilités de débit suffisant à une maturation correcte. Il ne faut cependant pas méconnaître certaines éventualités de lésions sévères d'amont chez le poly-vasculaire notamment, ou chez le patient ayant eu plusieurs abords ou gestes d'opacification voire de dilatation préalable, lésions pariétales et iatrogènes pouvant s'associer.

Le retard de maturation lié à l'existence de lésions sévères de l'artère radiale d'amont, pour peu que l'artère cubitale et l'arcade palmaire soient normales n'est pas définitif si l'anastomose artérioveineuse est normale (on se retrouve dans ce cas de figure pratiquement dans la situation d'une réduction de débit par ligature proximale de l'artère radiale), la FAV pouvant être exclusivement alimentée par le segment distal de l'artère radiale à contre-courant.

La FAV cubitale a souvent une maturation plus lente en dehors des cas où l'artère cubitale est l'artère dominante de l'avant-bras.

Sténose veineuse à distance de l'anastomose

La sténose veineuse intermédiaire à distance de l'anastomose représente un tiers environ des sténoses associées à un retard de maturation. Le bilan clinique est souvent assez parlant. Et le bilan écho-Doppler ne fait que confirmer et préciser l'impression clinique. La veine artérialisée s'est dilatée jusqu'à la zone de sténose qui sera quantifiée par la méthodologie habituelle. L'écho-Doppler apporte des renseignements intéressants sur la nature de la lésion qui peut être une sténose sur jeu

valvulaire, une sténose fibreuse sur une ancienne zone de ponction, avec parfois une synéchie intinale, un thrombus, ou une sténose très longue dont la conséquence est identique à une occlusion avec développement d'un arc veineux accessoire (18). L'analyse sous garrot suivant la même méthodologie que celle décrite plus haut fournit des renseignements importants pour la conduite ultérieure, et notamment sur la longueur de la lésion.

Un cas particulier est représenté par la fistule à l'avant bras réalisée avec une veine radiale dont le seul drainage est la perforante brachiale au coude en cas de destruction des réseaux basilique et céphalique. La sténose veineuse peut dans ce cas siéger sur la perforante elle-même, voire sur la veine humérale de drainage.

Conclusion

Le bilan préopératoire soigneux clinique et paraclinique est à même d'améliorer le taux de réussite des FAV natives (19-21) mais certains échecs primaires sont soit imprévisibles, soit le contexte doit en faire accepter le risque afin de limiter le recours au pontage prothétique. Tout échec primaire n'est pas définitif (16, 22). Le suivi écho Doppler des sujets à risque ou ceux chez qui des lésions vasculaires artérielles et veineuses non majeures ont été dépistées en préopératoire doit permettre d'indiquer à temps un geste correcteur chirurgical ou radiologique permettant d'assurer la perméabilité et la maturation de l'abord.

Bibliographie

1. NKF-K/DOQI clinacat practice guidelines for vascular access update 2000. *Am J Kidney Dis*, 2001 ; 37 : S137-81.
2. BOURQUELOT P. Les fistules artérioveineuses et techniques apparentées : réalisation, surveillance. *Rev Prat (Paris)*, 1991 ; 41 : 1060-4.
3. ROBINN ML et al. Hemodialysis arteriovenous fistula maturity: US evaluation. *Radiology*, 2002 ; 225 : 59-64.
4. MILLER PE, TOLWANI A, LUSCY CP, DEIERHOI MIL BAILEY R, REDDEN DT et al. Predictors of adequacy of arteriovenous fistulas in hemodialysis patients. *Kidney Int*, 1999 ; 56: 275-80.
5. WONG V, WARD R, TAYLOR J, SELVAKUMAR S, How TV, BAKRAN A. Factors associated with early failure of arteriovenous fistulae for haemodialysis access. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 1996 ; 12: 207-13.
6. SILVA MB JR, HOBSON RW, PAPPAS PJ, JAMIL Z, ARAKI CT, GOLDBERG MC et al. A strategy for increasing use of autogenous hemodialysis access procedures : impact of preoperative non invasive evaluation. *J Vasc Surg*, 1998 ; 27 : 302-7.
7. ALLON M, BAILEY R, BALLARD R, DEIERHOI MH, HAMRICK K, OSER R et al. A multidisciplinary approach to hemodialysis access : prospective evaluation. *Kidney Int*, 1998 ; 53 : 473-6.
8. FINLAY DE, LONGLEY DG, FOSHAGER MC, LETOURNEAU JG. Duplex and color doppler sonography of hemodialysis arteriovenous fistulas and grafts. *Radiographics*, 1993 ; 13 : 983-99.
9. MELKI Ph, BOYER JC, BELINN X, CORNUD F, MOREAU JR Complications des abords vasculaires de l'hémodialyse: valeur diagnostique et impact thérapeutique de l'écho-doppler couleur. 43e Journées françaises de radiologie, Paris, novembre 1995.
10. SUMNERS DS. Physiology of surgical constructed arteriovenous fistulas. In : Haimov M, ed. *Vascular access : practical guide* Mount Kisco, New York Futura, 1987 ; 87-116.
11. PONSIN JC, LEVY B, MARTINEAUD JP. Retentissement cardiaque du débit de la fistule artério-veineuse : étude chez 66 hémodialysés chroniques. *Presse Med*, 1983 ; 12 : 4.
12. TORDOIR JH, KWAN TS, HERMAN JM, CAROL EJ, JAKIMOWICZ JJ. Primary and secondary access surgery for haemodialysis with the Brescia-Cimino fistula and the polytetrafluoroethylene (PTFE) graft. *Neth J Surg*, 1983 ; 35 : 8-12.
13. TURMEL-RODRIGUES L, MOUTON A, BIRMELE B et al. Salvage of immature forearm fistulas for haemodialysis by interventional radiology. *Nephrol Dial Transplant*, 2001 ; 16 : 2365-71.
14. KONNER K. Primary vascular access in diabetic patients : an audit. *Nephrol Dial Transplant*, 2000 ; 15 : 1317-25.
15. KOBZOY C, KUZU A, ERDEN I, TURKCAPAR AG, DUZGUN I, ANODOL E. Predictive value of colour doppler ultrasonography in detecting failure of vascular access grafts. *Br J Radiol*, 1995 ; 82 : 50-2.
16. BERMAN SS, GENTILE AT. Impact of secondary procedures in autogenous arteriovenous fistula maturation and maintenance. *J Vasc Surg*, 2001 ; 34 : 866-71.
17. LIN SL, CHEN HS, HUANG CH, YEN TS. Predicting the outcome of hemodialysis arteriovenous fistulae using duplex ultrasonography. *J Formos Med Assoc*, 1997 ; 96 : 864-8.
18. RAYNAUD A, TURMEL-RODRIGUEZ L. Indications de l'angioplastie percutanée dans les abords vasculaires pour hémodialyse chronique. *Abords vasculaires pour hémodialyse*. Tours : 1995-83-91 (polycopié).
19. MALOVRH M. Non-invasive evaluation of vessels by duplex sonography prior to construction of arteriovenous fistulas for haemodialysis. *Nephrol Dial Transplant*, 1998 ; 13 : 125-9.
20. ALLON M, LOCKHART ME, LILLY RZ, GALLICCHIO MH, YOUNG CJ, BARKER J et al. Effect of preoperative sonographic mapping on vascular access outcomes in hemodialysis patients. *Kidney Int*, 2001 ; 60 : 2013-20.
21. LEMSON MS, LEUNISSEN KM, TORDOIR JH. Does pre-operative duplex examination improve patency rates of Brescia-Cimino fistulas ? *Nephrol Dial Transplant*, 1998 ; 13 : 1360-1.
22. HUBER TS, OZAKI CK, FLYNN TC et al. Prospective validation of an algorithm to maximize native arteriovenous fistulae for chronic hemodialysis access. *J Vasc Surg*, 2002 ; 36 : 452-9.